

#3

Express Mail Label #EL871056472US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF GEUN-YOUNG YEOM, ET AL.

FOR: LAYER-BY-LAYER ETCHING APPARATUS USING NEUTRAL BEAM AND  
METHOD OF ETCHING USING THE SAME



CLAIM FOR PRIORITY

The Assistant Commissioner for  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231


Dear Sir:



Enclosed herewith is a certified copy of the Korean Patent Application No. 2001-73881 filed on November 26, 2001. The enclosed Application is directed to the invention disclosed and claimed in the above-identified application.

Applicants hereby claim the benefit of the filing date of November 26, 2001 of the Korean Patent Application No. 2001-73881, under provisions of 35 U.S.C. 119 and the International Convention for the protection of Industrial Property.

Respectfully submitted,  
GEUN-YOUNG YEOM, ET AL.

CANTOR COLBURN LLP  
Applicants' Attorneys

By:   
Daniel F. Drexler  
Registration No. 47,535  
Customer No. 23413

EL871056472US  
"Express Mail" mailing label number  
Date of Deposit: February 28, 2002  
I hereby certify that this paper or fee is being deposited  
with the United States Postal Service "Express Mail  
Service" under 37 CFR 1.10  
date indicated above and is addressed to the  
Commissioner of Patents and Trademarks, Washington,  
D.C. 20231.  
  
Jennifer Maken  
printed name of person mailing paper or fee  
  
signature of person mailing paper or fee

Date: 28 FEB. 2002  
Address: 55 Griffin Road South, Bloomfield, CT 06002  
Telephone: 860-286-2929

**KOREAN INDUSTRIAL  
PROPERTY OFFICE**



This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

Application Number: Korean Patent 2001-0073881

Date of Application: 26 November 2001

Applicant(s): Geun-young Yeom

14 January 2002

**COMMISSIONER**

## [Bibliography]

[Document Name]	Patent Application
[Classification]	Patent
[Receiver]	Commissioner
[Reference No.]	0010
[Filing Date]	26 November 2001
[IPC]	H01L
[Title]	Layer-by-layer etching apparatus using neutral beam and method of etching using the same
[Applicant]	
[Name]	Geun-young Yeom
[Applicant code]	4-1999-025508-4
[Attorney]	
[Name]	Young-pil Lee
[Attorney code]	9-1998-000334-6
[Attorney]	
[Name]	Hae-young Lee
[Attorney code]	9-1999-000227-4
[Inventor]	
[Name]	Geun-young Yeom
[Applicant code]	4-1999-025508-4
[Inventor]	
[Name]	Min-jae Chung
[Resident Registration No.]	740908-1032119
[Zip Code]	422-040
[Address]	105-1707, New Seoul Apt., 368, Songnae-dong, Sosa-gu Bucheon-city, Kyungki-do, Rep. of Korea
[Nationality]	Republic of Korea
[Inventor]	
[Name]	Do-haing Lee
[Resident Registration No.]	760102-1031126
[Zip Code]	440-320
[Address]	203, 360-4, Yuljeon-dong, Jangan-gu, Suwon-city, Kyungki-do Rep. of Korea
[Nationality]	Republic of Korea
[Inventor]	
[Name]	Sung-min Cho

[Resident  
Registration No.] 611028-1047611  
[Zip Code] 435-040  
[Address] 1138-103, Jangmi Apt., Sanbon-dong, Gunpo-city, Kyungki-do  
Rep. of Korea  
[Nationality] Republic of Korea

[Inventor]  
[Name] Sae-hoon Chung  
[Resident  
Registration No.] 750305-1163319  
[Zip Code] 152-081  
[Address] 105-910, Century Apt., Gocheok1-dong, Guro-gu, Seoul  
Rep. of Korea  
[Nationality] Republic of Korea

[Request for  
Examination] Requested

[Purpose] We file as above according to Art. 42 of the Patent Law.  
Attorney Young-pil Lee  
Attorney Hae-young Lee

[Fee]  
[Basic page] 20 Sheet(s) 29,000 won  
[Additional page] 7 Sheet(S) 7,000 won  
[Priority claiming fee] 0 Case(S) 0 won  
[Examination fee] 15 Claim(s) 589,000 won  
[Total] 625,000 won  
[Reason for Reduction] Individual (70% Reduction)  
[Fee after Reduction] 187,500 won

[Enclosures]  
1. Abstract and Specification (and Drawings) 1 copy  
2. Power of Attorney 1 copy

#3

# 대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

Jc868 U.S. PTO  
10/086497  
02/26/02

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 73881 호  
Application Number PATENT-2001-0073881

출원년월일 : 2001년 11월 26일  
Date of Application NOV 26, 2001

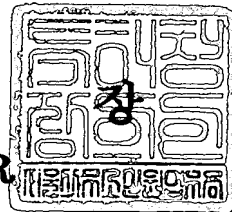
출원인 : 염근영  
Applicant(s) YEOM GEUN YOUNG



2002    년    01    월    14    일

특    허    청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0010
【제출일자】	2001.11.26
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	중성빔을 이용한 층대층 식각장치 및 식각방법
【발명의 영문명칭】	Layer-by-layer etching apparatus using neutral beam and method of etching using the same
【출원인】	
【성명】	염근영
【출원인코드】	4-1999-025508-4
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【발명자】	
【성명】	염근영
【출원인코드】	4-1999-025508-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정민재
【성명의 영문표기】	CHUNG,Min Jae
【주민등록번호】	740908-1032119
【우편번호】	422-040
【주소】	경기도 부천시 소사구 송내동 368번지 뉴서울아파트 105동 1707호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이도행
【성명의 영문표기】	LEE,Do Haing
【주민등록번호】	760102-1031126

【우편번호】	440-320
【주소】	경기도 수원시 장안구 율전동 360-4 203호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	조성민
【성명의 영문표기】	CH0,Sung Min
【주민등록번호】	611028-1047611
【우편번호】	435-040
【주소】	경기도 군포시 산본동 장미아파트 1138동 103호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정세훈
【성명의 영문표기】	CHUNG,Sae Hoon
【주민등록번호】	750305-1163319
【우편번호】	152-081
【주소】	서울특별시 구로구 고척1동 센추리아파트 105동 910호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 이해영 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	7 면 7,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	15 항 589,000 원
【합계】	625,000 원
【감면사유】	개인 (70%감면)
【감면후 수수료】	187,500 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 위임장_1통

**【요약서】****【요약】**

이온빔 대신에 중성빔을 사용하며, 식각가스의 공급 및 중성빔의 조사를 정밀히 제어하여 피식각물질층에 대한 식각을 원자단위로 제어함으로써 식각 깊이를 원자 단위로 제어하고, 피식각물질층에 대한 식각 손상을 최소화할 수 있는 중성빔을 이용한 층대층 식각장치 및 식각방법이 개시된다. 본 발명에 따른 층대층 식각방법은, 피식각층이 노출된 피식각기판을 반응챔버내의 스테이지상에 로딩하는 단계, 상기 반응챔버내로 식각가스를 공급하여 상기 노출된 피식각층의 표면 상에 식각가스를 흡착시키는 단계, 상기 흡착되고 남은 과잉의 식각가스를 제거하는 단계, 상기 식각가스가 흡착된 피식각층에 중성빔을 조사시키는 단계 및 상기 중성빔 조사에 의해 발생된 식각부산물을 제거하는 단계를 포함한다.

**【대표도】**

도 1

**【색인어】**

식각장치, 셔터, 샤워링, 중성빔, 원자단위, 염화규소, 이온빔



**【명세서】****【발명의 명칭】**

중성빔을 이용한 층대층 식각장치 및 식각방법{Layer-by-layer etching apparatus using neutral beam and method of etching using the same}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 중성빔을 이용한 층대층 식각장치를 나타내는 개략도이다.

도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 일 실시예에 따른 층대층 식각방법의 메커니즘을 설명하기 위한 개략적인 도면들이다.

도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 층대층 식각방법의 타임차트이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 식각장치의 중성빔 발생부를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 식각장치의 중성빔 발생부를 개략적으로 나타낸 도면이다.

※도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 ; 중성빔 발생부      20 ; 셔터

30 ; 식각가스 공급부      40 ; 배출펌프

50 ; 제어부      60 ; 스테이지

62 ; 피식각기판      70 ; 소오스가스 공급밸브

72 ; 셔터스위치      74 ; 식각가스 공급밸브

80 ; 퍼지가스 공급구      82 ; 퍼지가스 배출구

90 ; 반응챔버

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<14>      본 발명은 중성빔을 이용한 층대층(Layer-by-Layer) 식각장치 및 식각방법에 관한 것으로서, 특히 중성빔을 용이하게 발생시킬 수 있는 중성빔 발생부를 구비한 식각장치와, 중성빔의 가속 에너지를 적절히 제어하여 층대층으로 피식각층을 식각함으로써 식각 깊이를 정밀하게 제어할 수 있으며, 식각에 따른 손상을 최소화할 수 있는 중성빔을 이용한 층대층 식각방법에 관한 것이다.

<15>      반도체소자의 고집적화에 대한 요구가 계속되어짐에 따라, 최근 반도체 집적회로의 설계에서 디자인룰이 더욱 감소되어 0.25  $\mu\text{m}$  이하의 임계치수(Critical Dimension)가 요구되기에 이르렀다. 현재 이러한 나노미터급 반도체소자를 구현하기 위한 식각장비로서 고밀도 플라즈마(High Density Plasma) 식각장치, 반응성 이온 식각장치(Reactive Ion Etcher)등의 이온 강화용 식각장비가 주로 사용되고 있다. 그러나, 이러한 식각장비에서는 식각 공정을 수행하기 위한 다량의 이온들이 존재하고, 이들 이온들이 수백 eV의 에너지로 반도체기판 또는 반도체기판상의 특정 물질층에 충돌되기 때문에 반도체기판이나 이러한 특정 물질층에 물리적, 전기적 손상을 야기시킨다.

- <16> 예를 들어, 물리적 손상으로서, 이러한 이온들과 충돌되는 결정성의 기판 또는 특정 물질층의 표면이 비정질층으로 전환되기도 하며, 입사되는 이온들의 일부가 흡착되거나 충돌되는 물질층의 일부 성분만이 선택적으로 탈착되어 식각되는 표면층의 화학적 조성이 변화되기도 하며, 표면층의 원자 결합이 충돌에 의해 파손되어 땀글링 결합(dangling bond)으로 되기도 한다. 이러한 땀글링 결합은 재료의 물리적 손상뿐만 아니라 전기적 손상의 발생원인이 되기도 하며, 그 밖에 게이트 절연막의 차지업(chargeup) 손상이나 포토레지스트의 차징(charging)에 기인한 폴리실리콘의 노칭(notching)등에 의한 전기적 손상을 야기시킨다. 또한, 이러한 물리적, 전기적 손상이외에도 챔버 물질에 의한 오염이나 CF계 반응가스를 사용하는 경우 C-F 폴리머의 발생등 반응가스에 의한 표면의 오염이 발생되기도 한다.
- <17> 따라서, 나노미터급 반도체소자에 있어서 이러한 이온에 의한 물리적, 전기적 손상등은 소자의 신뢰성 저하시키고 나아가 생산성을 감소시키는 요인이 되기 때문에 향후 반도체소자의 고집적화와 그에 따른 디자인룰의 감소 추세에 대응하여 적용될 수 있는 새로운 개념의 반도체 식각장비 및 식각방법에 대한 개발이 요구되고 있다.
- <18> 한편, 종래에는 일반적으로 내부식성이 우수한 산화물, 질화물, 탄화물들에 대한 식각이나, 식각시에 정확한 식각 깊이와 정밀도를 요하는 박막가공시에 아르곤 이온빔을 이용하였다. 특히, 이 방법은 용액과의 반응에 민감한 구리계 산화물이나 산에 대한 저항성이 강한 세라믹 박막들의 식각에 필수적으로 사용되었다.

<19> 그러나, 아르곤 이온빔의 상태는 이온빔 전원공급장치로 조절하는 전압, 전류, 아르곤 기체의 유속뿐만 아니라 진공장치 내의 진공도, 피식각물질의 종류에 따라 크게 변할 수 있다. 따라서, 재현성 있는 이온빔 형성이 매우 어렵고 사용 중에 그 상태가 지속적으로 변하기 때문에 원하는 식각 깊이를 갖는 식각 패턴을 재현성 있게 형성하기가 매우 곤란하였다.

<20> 또한, 종래의 반도체 이온빔 식각장치는 식각가스와 이온빔 또는 플라즈마가 동시에 실리콘 기판 등의 피식각물질에 조사됨으로써 원자단위로 식각 깊이를 정밀하게 조절할 수 없는 문제점이 있었다.

<21> 따라서, 식각 깊이를 정밀히 제어하면서 동시에 이온빔 등에 의한 피식각물질층에 대한 손상을 줄일 수 있는 새로운 식각장치 및 식각방법에 대한 연구가 요청되어진다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<22> 상기한 문제점들을 해결하기 위한 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 이온빔 대신에 중성빔을 사용하며, 식각가스의 공급 및 중성빔의 조사를 정밀히 제어하여 피식각물질층에 대한 식각을 원자단위로 제어함으로써 식각 깊이를 원자 단위로 제어하고, 피식각물질층에 대한 식각 손상을 최소화할 수 있는 중성빔을 이용한 층대층 식각장치 및 식각방법을 제공하는 것이다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<23> 상기 본 발명의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 중성빔을 이용한 층대층 식각장치는, 내부에 피식각기판을 안착할 수 있는 스테이지를 구비

하는 반응챔버, 상기 반응챔버내로 중성빔을 공급하기 위하여 소오스가스로부터 중성빔을 발생시키는 중성빔 발생부, 상기 중성빔 발생부와 반응챔버의 사이에 설치되며 상기 반응챔버내로의 중성빔의 공급을 조절하는 셔터, 상기 반응챔버내에 식각가스를 공급해주는 식각가스 공급부, 상기 반응챔버내에 퍼지가스를 공급해주는 퍼지가스 공급부 및 상기 소오스가스, 식각가스 및 퍼지가스의 공급을 제어하며, 상기 셔터의 개폐를 제어하는 제어부를 포함한다.

<24> 한편, 상기 중성빔 발생부는, 일반적인 공지의 중성빔 발생장치들을 사용할 수도 있다. 또한, 상기 중성빔 발생부는 상기 소오스가스로부터 일정한 극성을 갖는 이온빔을 추출하여 가속시킬 수 있는 이온소오스 및 상기 이온소오스로부터 가속된 이온빔의 진행경로상에 위치하며, 상기 이온빔을 반사시켜 중성빔으로 전환시켜주는 반사체를 구비하며, 바람직하게는 상기 반사체는 입사되는 이온빔에 대하여 그 입사각을 제어할 수 있는 회동가능한 기관으로 된 것을 사용하거나 또는 복수개의 중첩된 원통으로 구성되며, 인접한 원통간에는 다른 극성의 전압이 인가되도록 구성된 것을 사용할 수 있으며, 상기 반사체의 재질은 실리콘 등의 반도체기관, 이산화규소 또는 금속기관으로 된 것을 사용할 수 있다. 또한, 상기 이온소오스는 고밀도 헬리콘 플라즈마 이온건 또는 ICP형 이온건 등을 사용할 수 있다.

<25> 한편, 상기 피식각기관은 적어도 실리콘을 함유한 기관이며, 상기 중성빔은 아르곤 중성빔이며, 상기 식각가스는 염소 가스를 사용할 수 있으나, 피식각기관의 피식각물질층의 종류에 따라 식각가스나 중성빔의 종류를 다양하게 선택하여 사용할 수 있다.

<26> 한편, 상기 본 발명의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 중성빔을 이용한 층대층 식각방법은, 피식각층이 노출된 피식각기판을 반응챔버내의 스테이지상에 로딩하는 단계, 상기 반응챔버내로 식각가스를 공급하여 상기 노출된 피식각층의 표면 상에 식각가스를 흡착시키는 단계, 상기 흡착되고 남은 과잉의 식각가스를 제거하는 단계, 상기 식각가스가 흡착된 피식각층에 중성빔을 조사시키는 단계 및 상기 중성빔 조사에 의해 발생된 식각부산물을 제거하는 단계를 포함한다.

<27> 상기 식각가스를 흡착시키는 단계, 상기 과잉의 식각가스를 제거하는 단계, 중성빔을 조사시키는 단계 및 식각부산물을 제거시키는 단계를 한 사이클로 하여 반복적으로 수행함으로써 상기 피식각층을 그 표면으로부터 층대층(Layer-by-Layer)으로 식각하며, 상기 사이클을 한번 수행할 때마다 상기 피식각층의 표면에 분포된 단일의 원자층의 절반만큼씩 식각하도록 식각가스의 공급량 및 공급시간과 중성빔의 조사시간 등을 제어한다.

<28> 한편, 상기 중성빔을 조사시키는 단계에서 상기 피식각층의 표면에서 스퍼터링이 발생되지 않도록 중성빔의 가속 에너지를 제어하며, 바람직하게는 상기 중성빔의 가속 에너지를 50 eV이하가 되도록 제어하여 피식각층에서의 식각 깊이 제어 및 손상을 최소화 할 수 있다.

<29> 상기 피식각층은 적어도 실리콘을 함유한 물질층, 예를 들어 실리콘 단결정 또는 폴리실리콘이나 실리콘 화합물을 사용할 수 있으며, 상기 식각가스는 염소가스를 사용할 수 있으며, 이때 상기 중성빔은 여러 가지 원자의 중성빔, 예를 들어 아르곤 중성빔을 사용할 수 있다.

- <30> 한편, 상기 과잉의 식각가스를 제거하는 단계와 상기 식각부산물을 제거하는 단계는 불활성기체, 예를 들어 질소가스를 퍼지가스로 사용하여 과잉의 식각가스를 제거하거나 식각부산물을 제거할 수 있다.
- <31> 한편, 상기 중성빔을 조사하는 단계는, 다양한 종류의 중성빔 발생장치를 사용할 수 있으며, 예를 들어 소오스가스로부터 일정한 극성을 갖는 이온빔을 추출하여 가속시킬 수 있는 이온소오스 및 상기 이온소오스로부터 가속된 이온빔의 진행경로상에 위치하며, 상기 이온빔을 반사시켜 중성빔으로 전환시켜주는 반사체를 구비하는 중성빔 발생부로부터 발생하는 중성빔을 조사한다. 중성빔의 조사는 중성빔 발생부와 반응챔버 사이에 설치되는 셔터에 의해 제어할 수 있다.
- <32> 본 발명에 따르면, 이온빔 대신에 중성빔을 사용하여 피식각기판을 식각함으로써 기판 표면에서의 손상을 현저히 줄일 수 있으며, 식각가스의 공급 및 중성빔의 조사를 정밀히 제어하여 원자단위로 피식각물질층을 식각할 수 있기 때문에 식각 깊이의 제어가 매우 정밀하게 달성될 수 있다.
- <33> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 상세히 설명한다.
- <34> 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 첨부하는 특허청구범위의 기술적 사상 범위 내에서 당업자에 의해 다양한 형태로 변경하여 실시할 수 있음은 물론이다. 따라서, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 보다 완전하도록 하며, 당업자에게 본 발명의 범주를 보다 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

<35> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 중성빔 식각장치를 개략적으로 나타내는 도면이다.

<36> 도 1을 참조하면, 식각공정이 진행되는 반응챔버(90)내에 식각공정이 수행될 피식각물질층이 형성된 피식각기판(62)이 안착되는 스테이지(60)가 구성되어 있다. 상기 스테이지(60)는 접지되어 있다. 반응챔버(90)의 상측으로는 중성빔 발생부(10)가 구성되어 있으며, 반응챔버(90)와 중성빔 발생부(10) 사이에는 자동적으로 개폐가능한 셔터(20)가 설치되어 있다.

<37> 한편, 반응챔버(90)내의 스테이지(60) 위로는 식각가스를 공급해줄 수 있는 식각가스 공급부(30)인 샤워링이 설치되어 있으며, 반응챔버(90)의 측벽 상단에는 퍼지가스를 공급해주는 퍼지가스 공급구(80)가 설치되어 있으며, 반응챔버(90)의 측벽 하단에는 퍼지가스나 과잉의 식각가스 또는 식각부산물을 배출할 수 있는 퍼지가스 배출구(82)가 형성되어 있다. 또한, 반응챔버(90)의 하단부에는 반응챔버(90) 내의 압력을 고진공으로 유지할 수 있는 배출펌프(40), 예를 들어 터보 분자 펌프(Turbo Molecular Pump)가 설치되어 있다.

<38> 한편, 상기 중성빔 발생부(10)에는 소오스가스를 공급해주는 소오스가스 공급관이 연결되며, 소오스가스의 공급은 소오스가스 공급관에 설치된 소오스가스 공급밸브(70)에 의해 제어되며, 상기 식각가스 공급부(30)에는 식각가스를 공급해주는 식각가스 공급관이 연결되며, 식각가스의 공급은 식각가스 공급관에 설치된 식각가스 공급밸브(74)에 의해 제어되며, 셔터(20)에는 셔터의 개폐를 제어하는 셔터스위치(72)가 설치된다. 한편, 소오스가스 공급밸브(70), 셔터스위치(72)



및 식각가스 공급밸브(74)는 그 공급량이나 공급시간 또는 개폐시간 등이 제어부(50)에 의해 종합적으로 제어된다.

<39> 한편, 본 발명에서 사용되는 중성빔 발생부는 공지와 다양한 중성빔 발생장치를 적용할 수 있다. 그 중에서 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 식각장치의 중성빔 발생부를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 5는 중성빔의 발생 원리를 설명하기 위하여 단순화시킨 도면으로써, 본 발명자에 의해 2000년 11월 22일자로 출원된 대한민국 출원번호 제 00-69660호에 개시되어 있으며, 본 출원 명세서의 참조문헌으로 본 명세서에 함께 결합시킨다.

<40> 먼저, 본 발명의 중성빔 발생 원리를 살펴보면, 이온소오스로부터 일정한 극성을 갖는 이온빔을 추출하여 가속시키고, 상기 가속된 이온빔을 반사체에 반사시켜 상기 이온빔을 중성빔으로 전환시킨 후, 상기 중성빔의 진행경로상에 피식각기판을 위치시켜 상기 중성빔에 의해 상기 피식각기판상의 특정 물질층을 식각하는 것이다.

<41> 상기 본 발명에서 가속된 이온빔이 반사체에 의해 반사된 후 중성빔으로 전환되는 이론적 메카니즘의 토대는 비.에이.헬머(B.A.Helmer) 및 디.비.그레이브스(D.B.Graves)씨에 의해 발표된 논문 'Molecular dynamics simulations of  $\text{Cl}_2^+$  impacts onto a chlorinated silicon surface: Energies and angles of the reflected  $\text{Cl}_2$  and  $\text{Cl}$  fragments'(J.Vac. Sci. Technol. A 17(5), Sep/Oct 1999)에 근거하고 있으며, 본 논문에 의하면 클로라이드( $\text{Cl}$ )의 단일층(monolayer)이 형성된 실리콘기판상에  $\text{Cl}_2^+$  이온을 임계 입사각 이상으로 입

사시키면 중성화될 수 있음을 설명하고 있으며, 나아가  $85^\circ$ 의 입사각으로 입사된  $\text{Cl}_2$  분자에 대하여 반사된 중성의  $\text{Cl}_2$  분자 및 Cl 원자파편의 분포를 극각(Polar angle)과 방위각(Azimuthal angle)으로 도시하고 있다. 본 논문에서 근거하면 일정 범위내의 입사각으로 입사된 이온은 거의 90% 이상 중성원자 또는 중성분자로 재반사됨을 알 수 있으며, 반사된 입자의 방위각도 거의  $0^\circ$ 에 근접함을 알 수 있다.

<42> 도 4를 참조하면, 이온소오스(210)로부터 발생된 이온빔이 이온빔의 진행경로상 이온소오스(210)의 후단에 위치하는 일정한 직경을 갖는 슬릿(216)을 통과한 후 반사체(218)에 반사된 후 중성빔으로 전환된 후 피식각기관(220)으로 입사되어 피식각기관(220)상의 특정 피식각물질층을 식각한다. 상기 이온소오스(210)는 각종 반응가스로부터 이온빔을 발생시킬 수 있는 것으로 족하며, 본 실시예에서는 유도코일(212)에 유도전력을 인가함으로써 플라즈마를 발생시키는 유도결합형 플라즈마(ICP) 발생장치를 사용하였으며, 고밀도 헬리콘 플라즈마 발생장치 등의 다양한 형태로 변형된 이온소오스를 사용할 수 있음은 물론이다. 상기 이온소오스(210)의 말단부에는 전압인가에 의해 이온빔을 가속시킬 수 있으며, 동시에 이온빔이 통과될 수 있는 복수개의 관통홀이 형성된 그리드(214)가 형성된다.

<43> 상기 이온소오스(210)의 후단에는 중앙에 일정한 직경을 갖는 원형 또는 사각형상의 관통홀이 형성된 슬릿을 갖는 이온빔차단부(216)이 배치되며, 상기 이온소오스(210)로부터 추출되어 가속된 이온빔 중에서 일정한 방향성을 가지며, 일정한 범위내의 것만을 통과시키고, 그 외의 이온빔은 챔버내로 입사되지 않도록

록 해준다. 이는 불필요한 이온빔이 챔버 내벽이나 챔버 구성물과의 충돌등에 의한 오염원이 될 수도 있는 것을 방지해줄 뿐만 아니라, 반사체(218)로부터 반사된 중성빔이 불필요한 이온빔들과 충돌하여 산란됨으로써 중성빔에 의한 이방성 식각공정을 저해하는 요인이 될 수 있기 때문이다.

<44>       상기 이온빔차단부(216)의 후단에는 상기 슬릿을 통과한 이온빔을 반사시킬 수 있는 반사체(218)가 수평면에 대하여 적절한 기울기로 배치된다. 상기 반사체(218)는 단일의 기관만을 도시하였지만, 동일한 간격으로 동일한 기울기를 갖는 복수개의 반사체(218)가 하나의 몸체로 형성될 수 있다. 상기 반사체(218)는 그 기울기가 적절한 범위 내에서 제어될 수 있도록 회동가능하게 설치되며, 입사된 이온빔에 의해 발생하는 전하의 방전을 위해 접지되는 것이 바람직하다. 상기 반사체(218)는 다양한 형태, 예를 들어 사각형 또는 원판형 등으로 제작될 수 있으며, 실리콘등의 반도체기관이나 상기 실리콘옥사이드가 표면에 형성된 기관 또는 금속기관등으로 구성될 수 있다.

<45>       한편, 상기 반사체(218)의 기울기나 크기는 상기 이온빔차단부(216)에 형성된 슬릿의 크기에 대응하도록 조정한다. 즉, 상기 슬릿을 통과한 이온빔의 상기 반사체(218)에의 투영면이 반사체(218)내에 모두 포함되도록 함으로써 반사체(218)에 의해 반사되지 않는 이온빔이 발생되지 않도록 한다. 본 실시예에서 상기 반사체(218)의 기울기는 수평면에 대하여 적어도 5°내지 15°범위내에서 조절될 수 있다. 반사체(218)의 수평면에 대한 기울기는 도 5에서 수평면을 기준으로 한 입사각( $\theta_i$ ) 및 반사각( $\theta_r$ )과 거의 같은 각도가 된다. 따라서, 상기 수평면

에 대한 기울기가 적어도  $5^{\circ}$  내지  $15^{\circ}$  범위인 것은 반사체(218)의 표면에 대하여 수직한 법선을 기준으로 한 입사각이 적어도  $75^{\circ}$  내지  $85^{\circ}$  임을 의미한다.

<46> 한편, 상기 반사체(218)로부터 반사되어 전환된 중성빔의 진행경로상에 피식각기관(220)이 배치된다. 상기 피식각기관(220)은 스테이지(도시안됨)상에 안착되어 중성빔에 진행경로에 대하여 수직방향으로 배치될 수도 있으며, 식각공정의 종류에 따라 일정한 각도로 경사지게 배치될 수 있도록 위치 및 방향이 제어되도록 설치된다. 한편, 상기 반사체(218)과 피식각기관(220) 사이에는 중성빔의 가속에너지를 제어하기 위해 리타딩 그리드(도시안됨)가 더 설치될 수 있다. 한편, 도 5는 중성빔의 발생원리를 설명하고자 단순화시킨 도면이지만, 도 1과 비교하여 중성빔의 진행경로상에서 상기 피식각기관(220) 이전에 중성빔의 공급을 제어하는 셔터가 더 설치된다.

<47> 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 식각장치의 중성빔 발생부를 개략적으로 나타낸 사시도이다. 도 5는 도 4와 같이 본 발명의 원리를 설명하기 위하여 단순화시킨 도면이다. 본 실시예에 의한 식각방법도 반사체의 형태와 이온빔의 반사방법을 제외하고 기본적으로 도 4의 실시예에서와 같이, 이온소오스로부터 일정한 극성을 갖는 이온빔을 추출하여 가속시키고, 상기 가속된 이온빔을 인접한 원통기관에 다른 극성의 전압이 인가된 복수개의 원통형 반사체에 반사시켜 상기 이온빔을 중성빔으로 전환시킨 후, 상기 중성빔의 진행경로상에 피식각기관을 위치시켜 상기 중성빔에 의해 상기 피식각기관상의 특정 물질층을 식각하는 것이다. 도 4와 동일한 구성요소는 동일한 참조번호로 표시하며, 그 구체적인 설명은 생략한다.

<48> 도 5를 참조하면, 이온소오스(210)로부터 발생된 이온빔이 이온빔의 진행경로상 이온소오스(210)의 후단에 위치하는 원통형의 반사체에 반사된 후 중성빔으로 전환된 후 피식각기판(220)으로 입사되어 피식각기판(220)상의 특정 물질층을 식각한다. 도 6에서는 도시하지 않았지만, 상기 이온소오스(210) 후단에 일정한 직경을 갖는 슬릿을 포함한 이온빔차단부(216)가 역시 구성될 수도 있음은 물론이다.

<49> 상기 이온소오스(210)의 말단부에는 전압인가에 의해 이온빔을 가속시킬 수 있으며, 동시에 이온빔이 통과될 수 있는 복수개의 관통홀(214a)이 형성된 그리드(214)가 형성된다.

<50> 본 실시예에서는 상기 이온소오스(210)의 후단과 피식각기판(220)과의 사이에 방사상으로 중첩된 복수개의 원통형 반사체(240a, 240b, 240c, 240d)가 구비된다. 상기 원통형 반사체는 인접한 반사체와는 다른 극성의 전압이 인가되도록 구성된다. 따라서 일정한 극성을 갖는 이온빔이 상기 원통형 반사체를 통과할 때 이온빔과 동일한 극성으로 인가된 반사체와는 척력이 작용하고, 이온빔과 다른 극성으로 인가된 반사체와는 인력이 작용하여 인력이 작용하는 반사체의 표면에 반사된 후 원통형 반사체들 사이를 통과한 후 피식각기판(220)에 도달하여 식각공정을 수행하도록 구성되어 있다. 상기 복수개의 원통형 반사체의 길이, 반경 및 각기 인가되는 전압의 크기는 설계에 따라 적절히 선택될 수 있는 사항이며, 상기 반사체의 재질은 도 4의 실시예와 동일한 재질의 것을 사용할 수 있으며, 바람직하게는 도전성 재질의 것을 사용할 수 있다.

- <51> 본 실시예에서 상기 원통형 반사체들은 그 기울기가 물리적으로 적절한 범위 내에서 회동가능하게 설치될 수도 있으나, 바람직하게는 각 원통형 반사체에 인가되는 전압의 크기를 제어할 수 있다. 즉 입사되는 이온빔의 질량, 속도 및 입사각도와 원통형 반사체내의 전자기장의 크기를 고려하여 이온빔의 궤적을 추적할 수 있을 것이다. 따라서, 원통형 반사체내에서 일정한 포물선 형태로 입사된 이온빔은 반사체의 표면과 충돌한 후 극성이 없는 중성빔으로 전환되고, 이 중성빔은 이후 거의 직선상으로 진행할 것이다.
- <52> 이때도 상기 원통형 반사체들의 표면에 대하여 입사되는 이온빔은 각 원통형 반사체의 반사 표면에 대하여 적어도  $5^{\circ}$  내지  $15^{\circ}$  범위내에서 조절될 수 있다. 본 실시예에서도 상기 원통형 반사체의 후단에 리타딩 그리드가 더 설치될 수 있으며, 도 1과 비교하여 피식각기판(220)의 전단에 셔터가 더 설치된다.
- <53> 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 중성빔을 이용한 증대충 식각방법을 첨부한 도면들을 참조로 상세히 설명한다.
- <54> 도 2a 내지 도 2e는 본 발명에 따른 중성빔 식각방법의 일 실시예를 설명하기 위한 반응도로써 도 1에서 도시된 본 발명의 식각장치를 사용하여 함께 설명한다.
- <55> 도 2a는 피식각물질층(100)의 표면 일부가 식각마스크(110)에 의해 덮이지 않고 노출된 기판 상에 식각가스(120)를 공급하는 단계를 보여주는 도면이다. 상기 피식각물질층(100)은 실리콘 단결정 또는 폴리실리콘이나 적어도 실리콘을 함유한 반도체기판 자체이거나 반도체기판의 표면에 피식각물질층(100)이 일정한 두께로 형성된 것일 수도 있다. 상기 식각마스크(110)는 예를 들어, 포토레지스

트일 수 있으나 이에 한정되지 않고 상기 피식각물질층(100)과는 달리 식각가스(120)가 흡착되지 않는 물질이면 족하다. 상기 식각마스크(110)는 통상의 사진식각공정에 의해 형성될 수 있다. 한편, 상기 식각가스로서는 피식각물질층(100)의 종류에 대응하여 선택할 수 있지만 본 실시예에서는 실리콘을 함유한 피식각물질층(100)에 흡착되기가 용이한 염소가스를 사용한다. 본 실시예에서는 염소 가스를 예를 들어 0.5 sccm 정도로 공급해준다.

<56> 식각가스의 공급을 도 1을 참조하여 설명하면, 제어부(50)에 의해 셔터스위치(72)를 오프시키서 셔터(20)를 폐쇄시켜 중성빔 발생부(10)로부터의 중성빔의 공급을 차단시킨다. 이어서 제어부(50)에 의해 식각가스 공급밸브(74)를 열어주면 식각가스 공급원(도시안됨)으로부터 식각가스(120)가 식각가스 공급부(30)인 샤워링을 통해 일정 시간동안 반응챔버(90) 내에 유입시키면 상기 식각가스(120)인 염소가스 분자가 피식각물질층(100)인 실리콘 표면에 단일층으로 흡착된다. 도면에서는 실리콘원자와 염소가스 원자를 동일한 정도의 크기로 단순화시켜 도시하였지만, 실리콘 일 원자에 대하여 염소가스 분자 하나가 결합되어 표면에 염화규소( $\text{SiCl}_2$ ) 형태로 반응하여 흡착된다. 상기 염소가스의 유입시간은 1 내지 40초 정도가 될 수 있도록 상기 식각가스 공급밸브(74)를 조절하는 것이 바람직하며, 이때 반응챔버(90) 내의 초기 진공도(base pressure)는 약  $2 \times 10^{-6}$ (torr)로 유지한다.

<57> 도 2b는 피식각물질층(100)의 표면에 식각가스(120)가 단일층으로 흡착되고 흡착되지 않은 과잉의 식각가스(120)들을 제거하는 퍼지 단계를 보여주는 도면이다. 퍼지 단계에서는 퍼지가스로서 불활성기체, 예를 들어 질소가스를 사용한다.

도 1에서 식각가스 공급밸브(74)를 차단하여 식각가스의 공급을 중단한 후, 퍼지가스는 도 1에서 퍼지가스 공급구(80)를 통하여 공급되고, 퍼지가스는 과잉의 식각가스와 함께 퍼지가스 배출구(82)를 통하여 배출된다.

<58> 도 2c는 중성빔(130)을 조사하는 단계를 보여주는 도면이다. 본 실시예에서는 아르곤 중성빔을 사용하였으며, 도 1에서 셔터(20)를 개방하여 중성빔(130)을 피식각물질층의 표면과 반응하여 흡착된 단일층의 염화규소층에 짧은 시간, 예를 들어 수초 이내 조사시킨다. 이때 중성빔의 가속에너지는 피식각물질층(100)의 표면에서 스퍼터링이 일어나지 않을 정도로, 예를 들어 약 50 eV 이하가 되도록 조절한다.

<59> 도 2d는 피식각물질층(100)의 표면에 흡착되었던 휘발성 식각부산물인 염화규소(140)가 중성빔의 조사에 의해 탈착되면서 식각되고 제거되는 것을 나타낸다. 상기 식각과정시 압력은 약  $4 \times 10^{-4}$ (torr) 정도로 유지하는 것이 바람직하다. 식각부산물은 전술한 바와 같이 퍼지가스를 유입시켜 함께 제거하거나 중성빔의 공급을 차단시킨 후 일정시간 경과후 퍼지가스 배출구(82)를 통하여 배출시킬 수 있다.

<60> 도 2d까지가 본 발명의 식각방법의 한 사이클을 이룬다. 염소규소는 실리콘 1 원자에 대하여 염소가스 2 원자가 결합하기 때문에 1 사이클 동안에 피식각물질층의 표면은 절반 정도만이 식각되어 제거된다. 그 식각 깊이는 1 사이클 동안에 실리콘 단일층의 절반인 약 0.68 옹고스토롱 정도가 식각된다.

<61> 도 2e는 다시 한 사이클의 식각과정을 반복한 후 피식각물질층(100)의 단일층이 제거된 모습을 나타낸 도면이다.



<62> 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 증대층 식각방법의 타임차트이다. 도면에서 가로축은 시간의 경과를 나타내면 '(A)'는 식각가스의 공급시간을 나타낸 것이고, '(B)'는 셔터의 개방시간을 나타낸 모식도이다.

<63> 도 3을 참조하면, 본 발명의 식각방법의 1 사이클은 식각가스 공급단계(1), 과잉의 식각가스 퍼지단계(2), 셔터 개방후 중성빔 조사단계(3) 및 반응부산물 제거단계(4)로 이루어지며, 사이클이 반복적으로 진행됨에 따라 증대층 단위로 피식각물질층이 식각되어진다.

<64> 이상에서 본 발명의 구체적인 실시예들에 대하여 상세히 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되지 않으며, 당해 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 범위내에서 다양한 변경이 이루어질 수 있음은 물론이다. 특히, 본 발명의 중성빔 발생부는 다양한 형태로 제공될 수 있으며, 피식각물질층에 따라 식각가스 및 중성빔의 소오스 가스가 다양하게 선택되어 사용될 수 있다. 또한 그에 따라 본 발명의 식각방법의 1 사이클을 이루는 각 단계의 시간이 다양하게 조절될 수도 있음은 당연하다.

#### 【발명의 효과】

<65> 본 발명에 따르면, 이온빔 대신에 중성빔을 사용하여 식각공정을 수행하기 때문에 피식각기관에 대한 전기적 물리적 손상이 최소화 된다는 효과가 있다.

<66> 또한, 본 발명에 따르면, 식각가스의 공급 및 중성빔의 조사시간이 정밀하게 제어됨으로써 원자단위로 식각공정이 수행되기 때문에 식각 깊이의 제어가 매우 용이하다는 효과가 있다.

<67>       이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대해서만 상세히 설명하였지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속함은 당연한 것이다.

**【특허 청구범위】****【청구항 1】**

내부에 피식각기판을 안착할 수 있는 스테이지를 구비하는 반응챔버;

상기 반응챔버내로 중성빔을 공급하기 위하여 소오스가스로부터 중성빔을 발생시키는 중성빔 발생부;

상기 중성빔 발생부와 반응챔버의 사이에 설치되며, 상기 반응챔버내로의 중성빔의 공급을 조절하는 셔터;

상기 반응챔버내에 식각가스를 공급해주는 식각가스 공급부;

상기 반응챔버내에 퍼지가스를 공급해주는 퍼지가스 공급부; 및

상기 소오스가스, 식각가스 및 퍼지가스의 공급을 제어하며, 상기 셔터의 개폐를 제어하는 제어부를 포함하는 중성빔을 이용한 층대층 식각장치.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서, 상기 중성빔 발생부는,

상기 소오스가스로부터 일정한 극성을 갖는 이온빔을 추출하여 가속시킬 수 있는 이온소오스; 및

상기 이온소오스로부터 가속된 이온빔의 진행경로상에 위치하며, 상기 이온빔을 반사시켜 중성빔으로 전환시켜주는 반사체를 구비하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 층대층 식각장치.

**【청구항 3】**

제 2 항에 있어서, 상기 반사체는 입사되는 이온빔에 대하여 그 입사각을 제어할 수 있는 회동가능한 기판으로 된 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대충 식각장치.

**【청구항 4】**

제 2 항에 있어서, 상기 반사체는 복수개의 중첩된 원통으로 구성되며, 인접한 원통간에는 다른 극성의 전압이 인가되도록 구성된 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대충 식각장치.

**【청구항 5】**

제 2 항에 있어서, 상기 반사체는 반도체기판, 이산화규소 또는 금속기판으로 이루어진 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대충 식각장치.

**【청구항 6】**

제 2 항에 있어서, 상기 이온소오스는 고밀도 헬리콘 플라즈마 이온건 또는 ICP형 이온건임을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대충 식각장치.

**【청구항 7】**

제 1 항에 있어서, 상기 피식각기판은 실리콘을 함유한 기판이며, 상기 중성빔은 아르곤 중성빔이며, 상기 식각가스는 염소 가스임을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대충 식각장치.

**【청구항 8】**

피식각층이 노출된 피식각기판을 반응챔버내의 스테이지상에 로딩하는 단계;

상기 반응챔버내로 식각가스를 공급하여 상기 노출된 피식각층의 표면 상에 식각가스를 흡착시키는 단계;

상기 흡착되고 남은 과잉의 식각가스를 제거하는 단계;

상기 식각가스가 흡착된 피식각층에 중성빔을 조사시키는 단계; 및

상기 중성빔 조사에 의해 발생된 식각부산물을 제거하는 단계를 포함하는 중성빔을 이용한 층대층 식각방법.

**【청구항 9】**

제 8 항에 있어서, 상기 식각가스를 흡착시키는 단계, 상기 과잉의 식각가스를 제거하는 단계, 중성빔을 조사시키는 단계 및 식각부산물을 제거시키는 단계를 한 사이클로하여 반복적으로 수행함으로써 상기 피식각층을 그 표면으로부터 층대층(Layer-by-Layer)으로 식각하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 층대층 식각방법.

**【청구항 10】**

제 9 항에 있어서, 상기 사이클을 한번 수행할 때마다 상기 피식각층의 표면에 분포된 단일의 원자층의 절반만큼씩 식각하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 층대층 식각방법.

**【청구항 11】**

제 8 항에 있어서, 상기 중성빔을 조사시키는 단계에서 상기 피식각층의 표면에서 스퍼터링이 발생되지 않도록 중성빔의 가속 에너지를 제어하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대층 식각방법.

**【청구항 12】**

제 11 항에 있어서, 상기 중성빔의 가속 에너지를 50 eV이하가 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대층 식각방법.

**【청구항 13】**

제 8 항에 있어서, 상기 피식각층은 실리콘을 함유한 물질층이며, 상기 식각가스는 염소 가스이며, 상기 중성빔은 아르곤 중성빔을 사용하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대층 식각방법.

**【청구항 14】**

제 8 항에 있어서, 상기 과잉의 식각가스를 제거하는 단계와 상기 식각부산물물을 제거하는 단계는 질소가스를 퍼지가스로 사용하여 수행하는 것을 특징으로 하는 중성빔을 이용한 증대층 식각방법.

**【청구항 15】**

제 8 항에 있어서, 상기 중성빔을 조사하는 단계는,  
소오스가스로부터 일정한 극성을 갖는 이온빔을 추출하여 가속시킬 수 있는 이온소오스 및 상기 이온소오스로부터 가속된 이온빔의 진행경로상에 위치하며, 상기 이온빔을 반사시켜 중성빔으로 전환시켜주는 반사체를 구비하는 중성빔 발

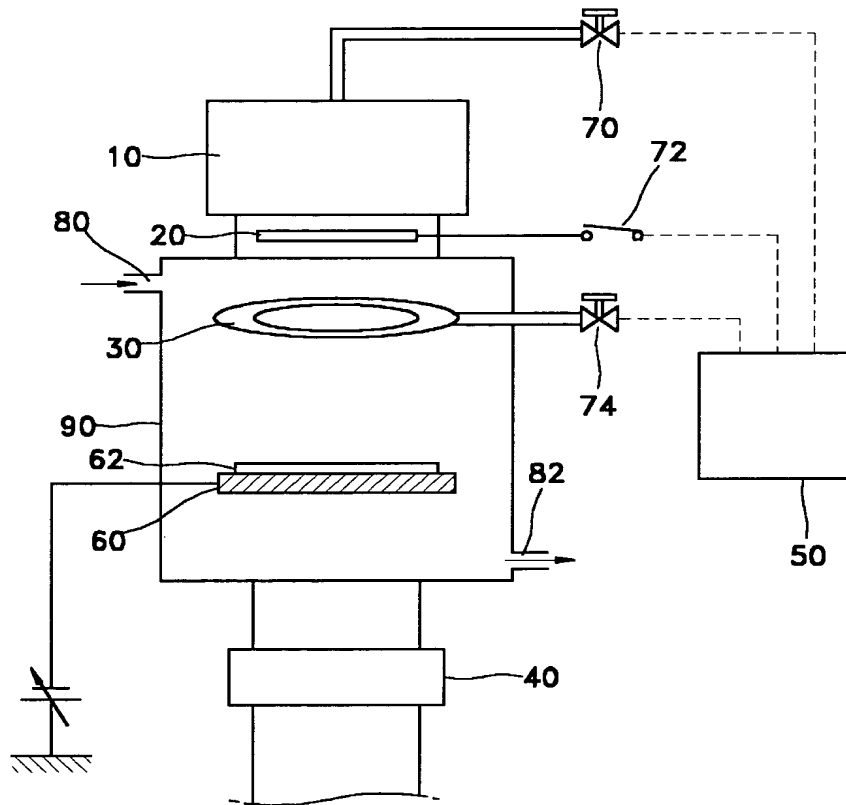
1020010073881

출력 일자: 2002/1/15

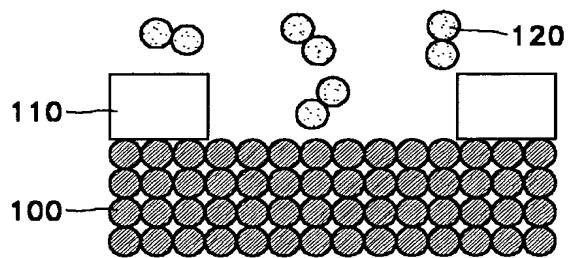
생부로부터 중성빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 중성빔 이용한 총대층 식각 방법.

【도면】

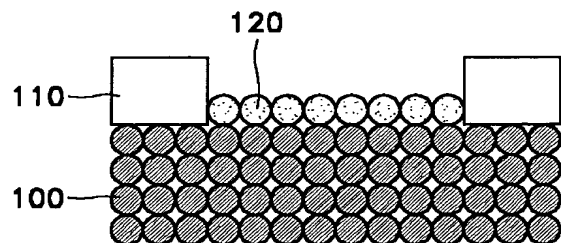
【도 1】



【도 2a】



【도 2b】



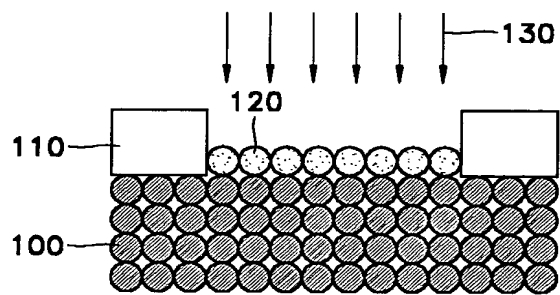




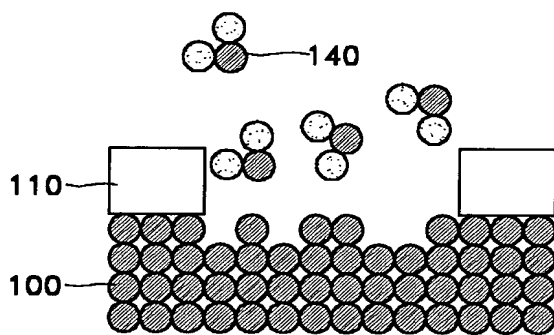
1020010073881

출력 일자: 2002/1/15

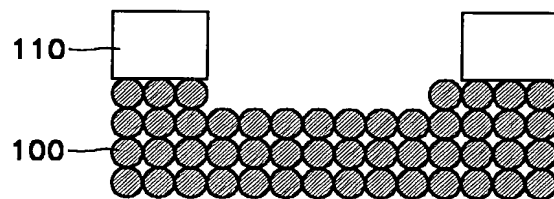
【도 2c】



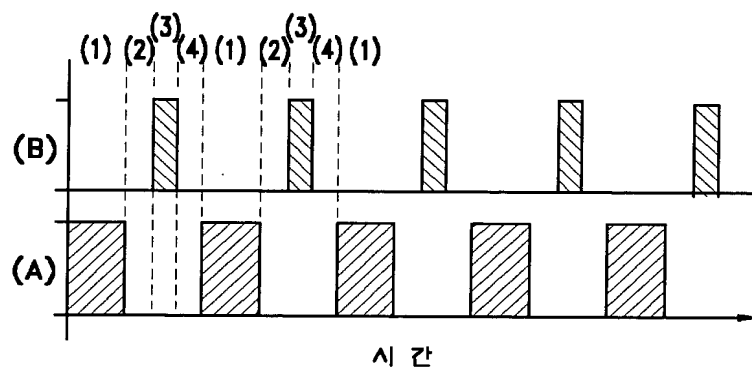
【도 2d】



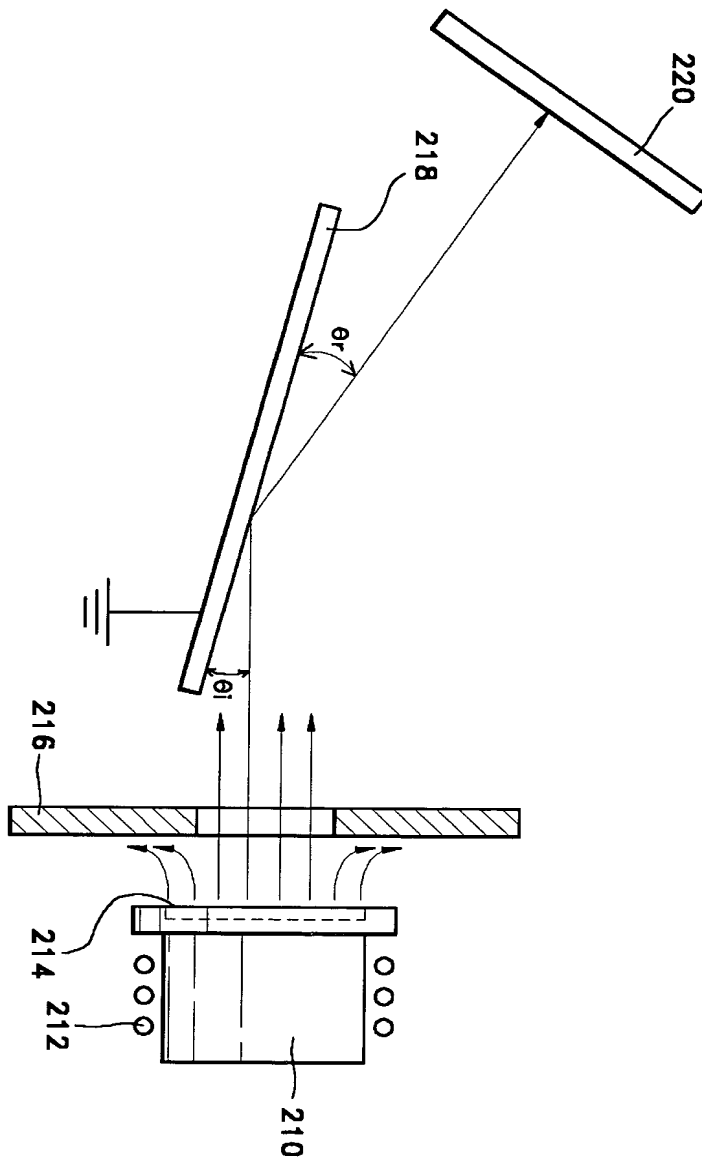
【도 2e】



【도 3】



【도 4】



【도 5】

